

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВПО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра управления качеством

Н.Л. Васильев

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Методические указания
к выполнению расчетно-графических работ и
курсовому проектированию
для студентов очной формы обучения,
специальность 250401 «Лесоинженерное дело»,
220501 «Управление качеством»,
дисциплина «Статистические методы в управлении качеством»

Екатеринбург
2011

Печатается по рекомендации методической комиссии ИКЖ.
Протокол № 1 от 16 сентября 2010 г.

Рецензент – канд. с.-х. наук, доцент кафедры УК О.М. Астафьева

Редактор О.В. Атрошенко
Оператор компьютерной верстки Н.В. Терещенко

Подписано в печать 29.09.11		Поз. 108
Плоская печать	Формат 60×84 1/8	Тираж 150 экз.
Заказ №	Печ. л. 1,63	Цена 9 руб. 04 коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

ВВЕДЕНИЕ

Целью методических указаний является получение знаний в области исследования точности и стабильности технологического процесса (ТП). Определение точности и стабильности ТП является необходимым условием для установления качественных характеристик процесса и последующего его регулирования.

Задачей методических указаний является определение показателей точности ТП:

- показателя уровня настройки K_n ;
- показателя рассеивания K_p ;
- доли дефектной продукции p в %.

В результате выполнения работы обучающийся должен знать теоретические основы исследования точности и стабильности ТП, уметь рассчитывать показатель уровня настройки K_n , показатель рассеивания K_p , долю дефектной продукции p в %, строить и анализировать гистограмму и делать выводы о качественных характеристиках процесса.

Для расчетов рекомендуется использовать надстройку пакета анализа AtteStat среды Excel 2007. В практической части методических указаний даны ссылки на рекомендуемые для использования статистические средства надстройки пакета анализа AtteStat среды Excel 2007 – модули.

1. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Ни один ТП не может быть абсолютно стабилен, так как в течение времени на него, наряду со случайными погрешностями процесса изготовления продукции (упругими деформациями древесины под воздействием инструмента, вариацией размерно-качественных характеристик древесины, вибрацией обрабатывающего оборудования, ошибками станочников и т. д.), начинают действовать и систематические погрешности (неправильная настройка оборудования, затупление режущего инструмента, износ направляющих устройств и т. д.).

Точность ТП согласно ГОСТ 15985-77 [1] есть свойство ТП, обуславливающее близость действительных и номинальных значений показателей качества (ПК) производимой продукции. Показателями качества лесозаготовительной продукции могут быть ее линейные размеры, шероховатость и взаимные размеры поверхностей обработки, механическая прочность древесины и т. д. [2].

Стабильность ТП есть свойство ТП, обуславливающее неизменность близости действительных и номинальных значений ПК производимой продукции во времени.

Исследование точности и стабильности ТП, примеры которых приведены в табл. 1, проводят при высоком уровне дефектности продукции, замене и капитальном ремонте оборудования, при освоении новых ТП, а также при намерении ввести статистическое регулирование ТП.

Таблица 1

Примеры технологических процессов

Технологический процесс	Продукция	Контролируемый показатель качества	Средства измерений	Точность измерений, см	ГОСТ на продукцию
Производство круглых лесоматериалов	Круглые лесоматериалы	Длина, диаметр	Метр, рулетка	1	9463-88 9462-88
Производство пиломатериалов в лесопильном цехе	Пиломатериалы	Длина, ширина, толщина, шероховатость поверхности	Рулетка, штангенциркуль, индикатор	1 0,05 0,001	8486-86 2695-83 15612-85
Производство тарной дощечки в цехе таропиления	Тарная дощечка	Длина, ширина, толщина, шероховатость поверхности	Рулетка, штангенциркуль, индикатор	0,5 0,05 0,001	2991-86 15612-85
Производство балансов	Балансы круглые	Качество окорки	Масштабная сетка	1×1	9463-88 9462-88

Исследуемый ТП должен работать в обычном режиме – на однотипном сырье, с использованием одинаковых методов настройки оборудования и подготовки инструмента, при постоянстве технологических режимов и т. д.

Целью исследования точности ТП является установление фактического уровня дефектности продукции, а также выявление факторов, ведущих к появлению брака, определение уровней и пределов изменения факторов ТП, при которых обеспечивается допустимый уровень дефектности.

Исследованию точности ТП предшествует анализ факторов ТП. Его целью является установление тех факторов ТП, влияние которых на ПК продукции является доминирующим. Например, для лесопильных рам таким фактором является качество подготовки режущего инструмента (развод и заточка зубьев пил) и межпильных прокладок (разнотолщинность и непараллельность плоскостей прокладок).

Анализ факторов ТП выполняют путем изучения степени их влияния на ПК продукции по литературным источникам либо на основании собственного производственного опыта.

В Приложении 1 приведены некоторые дефекты пиломатериалов, вырабатываемых на лесопильных рамах, а также факторы ТП лесопиления, которые могут быть причиной их возникновения. В процессе исследования точности ТП фиксируют значение доминирующих факторов с целью их корректировки при отладке ТП.

Если точность ТП характеризуется несколькими ПК, например, линейными размерами, шероховатостью и т. д., то сначала исследуют тот ПК, который вносит наибольшую долю в общую долю дефектной продукции. Значения ПК продукции имеют, как правило, нормальное распределение, которое определяется двумя величинами – математическим ожиданием μ и генеральным средним квадратическим отклонением (СКО) σ . Оценками генеральных μ и σ при выборочном методе являются выборочное среднее арифметическое \bar{x} и выборочное СКО S .

Доля дефектной продукции p в % может быть определена по формуле

$$p = [\Phi(t_1) - \Phi(t_2)] \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где t_1 и t_2 – аргументы функции нормального распределения, которые рассчитываются по формулам

$$t_1 = \left(\frac{T_{\text{в}} - \mu}{\sigma} \right), \quad (2)$$

$$t_2 = \left(\frac{T_{\text{н}} - \mu}{\sigma} \right), \quad (3)$$

где $T_{\text{в}}$ и $T_{\text{н}}$ – верхняя и нижняя границы поля допуска соответственно (рис. 1).

Как правило, величины $T_{\text{в}}$ и $T_{\text{н}}$ имеют фиксированное значение, а их разность

$$(T_{\text{в}} - T_{\text{н}}) = \delta_{\text{п}} \quad (4)$$

является размером поля допуска. Середину поля допуска $T_{\text{с}}$ определяют по формуле

$$T_{\text{с}} = (T_{\text{в}} - T_{\text{н}}) / 2. \quad (5)$$

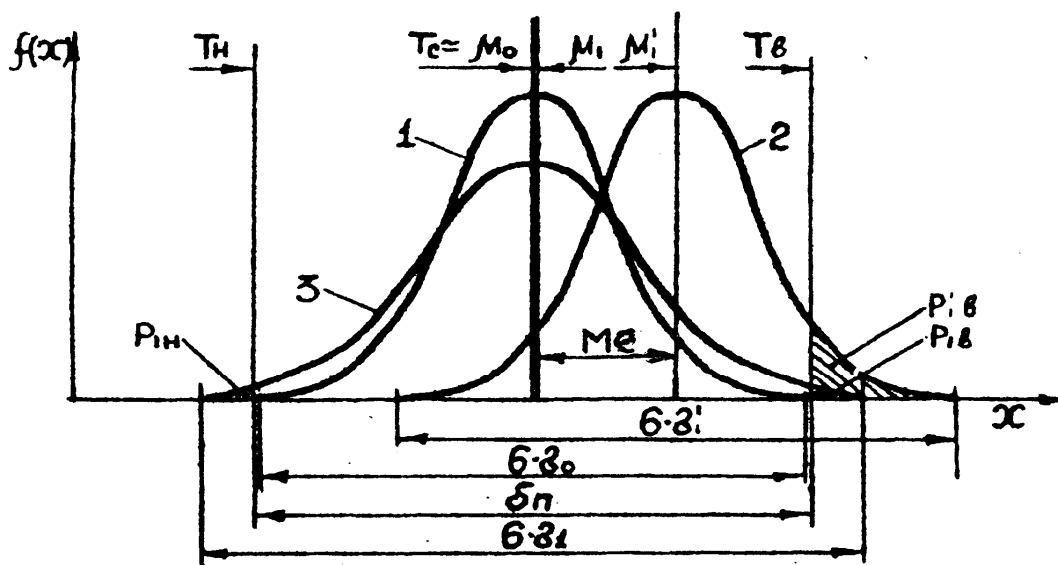


Рис. 1. Графики функций

Из формул (1), (2) и (3) видно, что величина доли дефектной продукции p будет зависеть от значения величин μ и σ . Доля дефектной продукции будет равна нулю ($p = p_0 = 0$), если $\mu = \mu_0 = T_c$ и $\sigma \leq \sigma_0$ (рис.1, кривая 1). Значение величины σ_0 определяют исходя из правила трех сигм по формуле

$$\sigma_0 = \delta_{\pi}/6. \quad (6)$$

На практике в договоре на поставку продукции между поставщиком и потребителем указывается доля дефектной продукции p , которая не должна превышать определенного предела: $p = [p_1] = (0,01 - 10) \%$.

Таким образом, различие номинальных и действительных значений ПК будет удовлетворять требованиям договора: $p_0 \leq p \leq [p_1]$, если $\sigma_0 \leq \sigma \leq [\sigma_1]$ и $\mu_0 \leq \mu \leq [\mu_1]$, здесь $[\sigma_1]$ и $[\mu_1]$ – СКО и математическое ожидание ПК, соответствующее максимально допустимой доле дефектной продукции $[p_1]$.

На рис. 1 кривая 3 иллюстрирует случай, когда $\sigma = \sigma_1$, а $\mu = \mu_0 \approx T_c$. При этом $p_0 < p_1 = p_{1н} + p_{1в}$, здесь $p_{1н}$ и $p_{1в}$ – соответственно доли дефектной продукции, выходящие за нижнюю (T_n) и верхнюю (T_v) границы поля допуска. Если $\mu = \mu_0 = T_c$, то величина доли дефектной продукции p_1 будет определяться наличием случайных погрешностей, которые ведут к рассеиванию значений ПК продукции.

Степень рассеивания значений ПК характеризует показатель рассеивания K_p , который рассчитывают по формуле

$$K_p = 6 S / \delta_{\pi}, \quad (7)$$

где $6 S$ – поле рассеивания значений ПК.

При $K_p < 1$ ТП обеспечивает более высокую точность, чем требуемая (рис. 1, кривая 1). При $K_p > 1$ ТП не обеспечивает задаваемой допуском точности, поэтому будет появляться брак (рис. 1, кривая 3).

На рис. 1 кривая 2 иллюстрирует случай, когда $\sigma = S_1 \approx \sigma_0$, а $\mu = \mu_1 > \mu_0$, а $p_0 < p_1 = p_n$. Так как $p_n = 0$, то $p_1 = p_v$. В этом случае величина доли дефектной продукции p_1 будет определяться наличием систематических погрешностей (ошибок), ведущих к смещению настройки (наладке).

Примечание. Здесь и далее рассматривается случай правостороннего смещения настройки ПК.

Смещение настройки характеризует показатель уровня настройки K_n , который рассчитывают по формуле

$$K_n = \left| \frac{T_c - \bar{x}}{\delta_n} \right| = \frac{M_e}{\delta_n}, \quad (8)$$

где \bar{x} – выборочное среднее арифметическое;

M_e – величина смещения настройки (рис. 1).

Чем ближе K_n к нулю, тем точнее настройка ТП и меньше систематическая ошибка.

Таким образом, при заданном после допуска δ_n для уменьшения доли дефектной продукции p необходимо добиться, чтобы, во-первых, значение μ не отклонялось от значения $\mu \approx T_c$, во-вторых, чтобы значение σ не увеличивалось по сравнению со значением σ_0 .

Для определения вероятной доли дефектной продукции p при выборочном методе используют формулу

$$p_1 = [\Phi(\frac{T_v - \bar{x}}{S}) - \Phi(\frac{T_n - \bar{x}}{S})] \cdot 100 \%. \quad (9)$$

Значения функций $\Phi(T_v - \bar{x} / S)$ и $\Phi(T_n - \bar{x} / S)$ приведены в Приложении 2, что позволяет делать при известных значениях аргументов вероятную долю дефектной продукции p_1 .

Пример 1. В результате исследования точности ТП производства тарной доски установлено, что $\bar{x} = 12,1$ мм, $S = 0,720$ мм. Требуется определить вероятную долю дефектной продукции при условии, что $T_v = 13$ мм и $T_n = 11$ мм, а $[p_1] = 10 \%$.

Решение. Подставив значения \bar{x} , S , T_v и T_n в формулу (9), получим

$$p_1 = [\Phi(\frac{13-12,1}{0,720}) - \Phi(\frac{11-12,1}{0,720})] \cdot 100 \% = [\Phi(1,25) - \Phi(-1,53)] \cdot 100 \%.$$

Для значений аргументов $t_1 = 1,25$ и $t_2 = 1,53$ из Приложения 2 находим значения функций, равные соответственно 0,1056 и 0,063.

Тогда $p_1 = [(0,1056) - (-0,063)] \cdot 100 \% = 16,86 \%$.

Сравнивая величины p_1 и $[p_1]$, видим, что $p_1 > [p_1]$, следовательно, доля дефектной тарной доски превышает допустимый предел.

Для управления качеством продукции необходимо знать значения величин $[\sigma]$ и $[\mu_1]$, соответствующие максимально допустимой доле дефектной продукции $[p_1]$.

При производстве лесопроductии наиболее часто имеет место рассеивание значений ПК (случайная ошибка), реже – смещение настройки (наладки) (систематическая ошибка). Если имеет место рассеивание значений ПК, то величину $[\sigma_1]$ при условии, что $[\mu_1] = \mu_0 = T_c$, можно определить по методике, изложенной в примере 2.

Пример 2. Между изготовителем и потребителем заключен договор на поставку тарной доски с долей дефектной продукции, не превышающей предела $[p_1] = 5 \%$. Контролируемый ПК – толщина тарной доски, причем $[\mu_1] = \mu_0 = T_c = 12$ мм, $T_b = 13$ мм, $T_n = 11$ мм.

Требуется определить величину $[\sigma_1]$.

Решение. Так как $[\mu_1] = \mu_0 = T_c$, то $[p] = [p_1] + [p_{1b}] = 2 [p_{1n}]$ или $[p_1] = 2 [p_{1b}]$ (рис. 1, кривая 3).

С учетом этих соотношений для определения величины $[\sigma_1]$ воспользуемся формулой (1):

$$[p_1] = [\Phi(\frac{T_b - \mu_0}{[\sigma_1]}) - \Phi(\frac{T_n - \mu_0}{[\sigma_1]})] \cdot 100 \% = [\Phi(\frac{13-12}{[\sigma_1]}) - \Phi(\frac{11-12}{[\sigma_1]})] \cdot 100 \% = 5 \%$$

Так как доли дефектной продукции, выходящие за верхнюю ($[p_{1b}]$) и нижнюю ($[p_{1n}]$) границы поля допуска δ_n , равны, то можно записать $\Phi(1/[\sigma_1]) = 2,5 \%$.

Из Приложения 2 для значения функции нормального распределения $[p_{1n}] = [p_{1b}] = 2,5 \%$ находим значение аргумента ($1/[\sigma_1]$), равное 1,96 (решаем задачу, обратную задаче нахождения вероятной доли дефектной, рассмотренной в примере 1).

Используя полученное значение аргумента, можно записать так: $1,96 = 1/[\sigma_1]$, тогда $[\sigma_1] = 1/1,96 = 0,510$ мм. Доля дефектной продукции будет равна нулю ($p = 0$), если $\sigma_0 = \delta_n/6 = 2/6 = 0,333$ мм.

Зная величину $[\sigma_1]$, можно найти по формуле (7) предельное значение показателя рассеивания $[K_p]$ при условии, что $S = [\sigma_1]$:

$$[K_p] = 6 [\sigma_1] / \delta_n = 6 \cdot 0,510 / 2 = 1,53.$$

Если имеет место смещение настройки (наладки), то величину $[\mu_1]$ при условии, что $\sigma_0 = [\sigma_1]$, можно определить по методике, изложенной в примере 3.

Пример 3. Условия те же, что и в примере 2, а именно $[p_1] = 5 \%$, $T_v = 13$ мм, $T_n = 11$ мм, $\mu_0 = T_0 = 12$ мм. Требуется определить величину $[\mu_1]$ при условии, что $\sigma_0 = [\sigma_1] = 0,333$ мм, $[\mu_1] > T_c = \mu_0$.

Решение. Так как $\sigma_0 = [\sigma_1]$, то $[p_1] = [p_1]$ (рис. 1, кривая 2). С учетом этих соотношений для определения величины $[\mu_1]$ воспользуемся формулой (1).

$$\begin{aligned} [p_1] &= [\Phi(\frac{T_v - [\mu_1]}{\sigma_0}) - \Phi(\frac{T_n - [\mu_1]}{\sigma_0})] \cdot 100 \% = \\ &= [\Phi(\frac{13 - [\mu_1]}{0,333}) - 0] \cdot 100 \% = 5 \%. \end{aligned}$$

Из Приложения 2 для значения функции нормального распределения при $[p_1] = [p_{1в}] = 5 \%$ находим значение аргумента $(13 - [\mu_1]) / 0,333$, равное 1,645. Используя полученное значение аргумента, можно записать так: $1,645 = (13 - [\mu_1]) / 0,333$. Решая относительно неизвестного $[\mu_1]$, получим $[\mu_1] = 13 - 0,333 \cdot 1,645 = 12,452$ мм.

Зная величину $[\mu_1]$, можно найти по формуле (8) предельное значение показателя уровня настройки $[K_n]$ при условии, что $\bar{x} = [\mu_1]$:

$$[K_n] = (\frac{T_c - [\mu_1]}{\delta_n}) = [(12 - 12,452) / 2] = 0,225.$$

Если имеет место левостороннее смещение настройки ПК, то для этого случая можно записать, что $[p_1] = p_n = 5 \%$. Тогда $-(11 - [\mu_1]) / 0,333 = 1,645$. Решая относительно неизвестного, получим $[\mu_1] = 11,548$ мм.

Перед началом исследования точности ТП должны быть определены номинальное значение ПК T_c , верхнее T_v и нижнее T_n отклонение поля допуска и допускаемая доля дефектной продукции $[p_1]$, которые обычно задаются ГОСТом, ТУ или договором между изготовителем и потребителем продукции.

Рекомендуется следующий порядок исследования точности ТП.

1. Из общего количества производимой продукции, изготавливаемой по исследуемой технологии, отбирают выборку из n штук изделий, соблюдая принцип случайности формирования выборки, и измеряют исследуемый ПК. Правила отбора единиц продукции в выборку при различных способах представления продукции на контроль регламентируются ГОСТ 18321-73 [3].

В зависимости от способа представления продукции на контроль различают следующие методы отбора единиц продукции в выборку: отбор с применением случайных чисел, многоступенчатый отбор, отбор «вслепую» и систематический.

При исследовании точности ТП рекомендуется производить выборку в объеме $n = 50-200$ единиц продукции [4].

2. Результаты измерений исследуемого ПК размещают по мере монотонного убывания или возрастания. Рекомендуется использовать команду «Сортировка» пакетов Word или Excel.

3. Проводят исключение грубых ошибок из результатов измерений исследуемого ПК. Рекомендуется использовать модуль ОР «Обработка выбросов» (правило «Ящик с усами») пакета анализа AtteStat среды Excel 2007.

Выявление грубых ошибок производится в соответствии с ГОСТ 11.002-73 [5]. Для этого по данным упорядоченной выборки $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_n$ подсчитывается среднее арифметическое выборки

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i \quad (10)$$

и выборочное среднее квадратическое отклонение

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2}. \quad (11)$$

Вначале оценивается принадлежность крайних элементов выборки (x_1 и x_n – минимальное и максимальное значение выборки) к данной нормальной совокупности. Для этого составляют статистики $U_n = (x_n - \bar{x})/S$ и $U_1 = (\bar{x} - x_1)/S$, которые подчиняются нормальному закону распределения. Значение квантелей β , распределяемые для уровня значимости $\alpha = 0,05$, приведены в табл. 2.

Вычисленные значения U_n и U_1 сравнивают с величиной β , взятой из табл. 2 для данного объема выборки n . Если $U_1 \geq \beta$ или $U_n \geq \beta$, то подозреваемый в грубой ошибке результат измерений является грубой ошибкой и может быть исключен из выборки. В противном случае результат измерений не является грубой ошибкой.

После исключения грубых ошибок вновь вычисляют величины \bar{x} и S по формулам (10) и (11). Для вычисления величин \bar{x} и S рекомендуется использовать модуль DS «Описательная статистика» (среднее значение, стандартное отклонение) пакета анализа AtteStat среды Excel 2007.

Таблица 2

Квантили β -распределения

Объем выборки	β	Объем выборки	β	Объем выборки	β
4	1,46	12	2,29	20	2,56
5	1,67	13	2,33	25	2,66
6	1,82	14	2,37	30	2,73
7	1,94	15	2,41	35	2,78
8	2,03	16	2,44	40	2,84
9	2,11	17	2,48	50	2,90
10	2,18	18	2,50	75	3,04
11	2,23	19	2,53	100	3,13

4. Определяют величину размаха R по формуле

$$R = x_{\max} - x_{\min} , \quad (12)$$

где x_{\max} и x_{\min} – соответственно максимальная и минимальная величина исследуемого показателя качества.

5. Находят число интервалов K :

$$K = \sqrt{n} , \quad (13)$$

где n – объем выборки после исключения грубых ошибок.

6. Определяют ширину интервала Δ :

$$\Delta = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{K} . \quad (14)$$

7. Определяют количество значений x_i , попавших в каждый из интервалов, т. е. эмпирическую частоту m_i .

8. Строят гистограмму по признаку x_i : по оси абсцисс откладывают значение интервалов, на которые разбит размах R , а по оси ординат – эмпирическую частоту m_i (частости m_i/n).

По виду гистограммы делают предварительный вывод о виде закона распределения исследуемого параметра качества.

Для выполнения вычислений разделов 4, 5, 6, 7 и 8 порядка исследования точности ТП рекомендуется использовать модуль SQC «Контроль качества» (гистограмма) пакета анализа AtteStat среды Excel 2007.

9. Проверяют гипотезу о нормальном распределении исследуемого ПК x_i . Для этого рекомендуется использовать модуль NDC «Проверка нормальности» (критерий типа Колмогорова) пакета анализа AtteStat среды Excel 2007.

Проверка принадлежности исследуемого параметра к нормальному распределению проводится по ГОСТ 11.006-74 [6].

При объеме выборки $n > 50$ нормальность ее распределения проверяют по χ^2 -критерию Пирсона. Для этого рассчитывают наблюдаемое значение χ^2 -критерия по формуле

$$\chi^2_{\text{набл}} = \sum_{j=1}^K \frac{(m_i - n' p_i)^2}{n' p_i}, \quad (15)$$

где K – число интервалов,
 m_i – частоты эмпирические,
 n', p_i – теоретические частоты.

Наблюдаемое значение χ^2 -критерия сравнивают с табличным (Приложение 3). Если $\chi^2_{\text{набл}} \leq \chi^2_{\text{табл}}$, то исследуемый ПК принадлежит к нормальному распределению (α = уровень значимости, $\alpha = 0,05$; n = число степеней свободы, $n = K - 1$).

10. Рассчитывают по формуле (7) показатель рассеивания K_p , а по формуле (8) – показатель уровня настройки K_n . По величине показателей K_p и K_n делают предварительный вывод о точности ТП.

11. Рассчитывают по формуле (9) вероятную долю дефектной продукции p_1 и делают окончательный вывод о точности ТП.

12. Разрабатывают корректирующие и предупреждающие действия – принимают технические, технологические и управленческие решения (если доля дефектной продукции превышает норму) с целью обеспечения требуемой точности ТП. Вначале путем воздействия на факторы ТП устраняют смещение настройки – систематическую ошибку, а затем уменьшают рассеивание значений исследуемого ПК продукции – случайную ошибку.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Получить у преподавателя задание по исследованию точности ТП (см. табл. 1).

2. Изучить ГОСТ (ТУ) на продукцию, выпускаемую по исследуемой технологии. При этом установить допустимую долю дефектной продукции, верхнее (T_v) и нижнее (T_n) предельные значения поля допуска контролируемого ПК, а также его номинальное значение (T_c). Допустимая доля дефектной продукции $[p_1]$ указывается преподавателем или определяется по ГОСТ 6564-84 [6].

3. Используя указанные в табл. 1 средства измерений с требуемой точностью, выполнить n замеров контролируемого ПК продукции. Число замеров n и методика их выполнения указываются преподавателем.

4. Полученные данные свести в табл. 3 по приведенному образцу.

Таблица 3

Результаты измерений

Номер измерения	1	2	3	n-1	n
Результат измерения	x_1	x_2	x_3	x_{n-1}	x_n

5. С использованием надстройки пакета анализа AtteStat среды Excel 2007 произвести обработку выборки с выводом результатов расчетов и их графической иллюстрации на печать.

6. На графической иллюстрации расчетов нанести верхнее (T_v) и нижнее (T_n) отклонение поля допуска, величину поля допуска (δ_n), середину поля допуска (T_c), среднее арифметическое (\bar{x}) контролируемого ПК. Отметить косой штриховкой значения контролируемого ПК, выходящие за его верхнее (p_{1v}) и нижнее (p_{1n}) отклонения поля допуска. Образец оформления графической части приведен в Приложении 4.

7. Выполнить анализ результатов расчетов и их графической иллюстрации, предварительно проверив гипотезу о нормальном распределении исследуемого ПК (см. пункты 8 и 9 порядка исследования точности ТП), рассчитав коэффициенты K_p по формуле (7) и K_n по формуле (8), а также величины $[\sigma_1]$, $[\mu_1]$, $[K_p]$ и $[K_n]$ по методике, изложенной в примерах 2 и 3.

8. Составить отчет о проделанной работе, который должен содержать следующие разделы: цели и задачи работы, основные теоретические сведения (ответить на вопросы раздела 4), описание исследуемого технологического процесса, требование ГОСТ (ТУ) на продукцию, методика выполнения измерений значений ПК и результаты измерений, результаты расче-

тов и их графическая иллюстрация, анализ результатов расчетов и графиков, выводы о проделанной работе, технические, технологические и управленческие решения с целью обеспечения требуемой точности ТП.

3. ПРИМЕР РАСЧЕТОВ И ИХ ГРАФИЧЕСКОЙ ИЛЛЮСТРАЦИИ

3.1. Задание на выполнение работы

Исследование точности технологического процесса лесопильного цеха по показателю качества «толщина».

3.2. Установление нормативов

Предприятие производит обрезные пиломатериалы согласно ГОСТ 24454-80, ГОСТ 8486-86 из соснового пиловочника с влажностью древесины бревен на момент распиловки $W_n = 50 \%$. Номинальные размеры производимых пиломатериалов: длина – 4,5 м, ширина – 150 мм, толщина – 25 мм. Пиломатериалы производятся на лесопильном потоке, оснащенный двумя лесопильными рамами 2Р75-1 и 2Р75-2. Согласно контракту, поставляемые пиломатериалы должны иметь транспортную влажность $W_k = 20 \%$. Контролируемый показатель качества – толщина пиломатериалов. Доля дефектных пиломатериалов по показателю качества «толщина» не должна превышать допустимого предела, равного $[p_i] = 5 \%$.

Припуск на усушку для хвойных пиломатериалов номинальной толщиной 25 мм при начальной влажности $W_n = 50 \%$ и $W_k = 20 \%$ согласно ГОСТ 6782.1-75 состоит 0,8 мм. Следовательно, распиловочный размер толщины пиломатериалов, на который должна настраиваться лесопильная рама, составит 25,8 мм. Это значение будет являться серединой поля допуска $T_c = 25,8$ мм. С учетом допустимых отклонений согласно ГОСТ 24454-80 верхняя граница поля допуска толщины пиломатериалов будет равна $T_v = 25,8 + 1 = 26,8$ мм, а нижняя – $T_n = 25,8 - 1 = 24,8$ мм. Величина поля допуска $\delta_n = T_v - T_n = 26,8 - 24,8 = 2$ мм.

3.3. Исходные данные для расчетов

Исходные данные (50 результатов измерений толщины пиломатериалов) берут согласно порядковому номеру фамилии обучающегося в списке группы из файла «Исходные данные» информационного пакета, выдаваемого преподавателем, и заносят в табл. 4.

Таблица 4

Результаты измерений

№ измер.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Результат	26,60	27,15	25,30	27,50	26,00	27,80	25,10	27,35	26,20	25,35
№ измер.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Результат	27,25	26,70	26,45	26,35	2,95	26,65	27,65	26,45	26,50	26,55
№ измер.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Результат	26,75	28,60	25,45	25,75	25,85	26,00	26,60	25,45	25,40	26,00
№ измер.	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Результат	26,25	25,55	25,85	26,15	25,75	25,60	27,00	28,25	25,85	26,50
№ измер.	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Результат	26,60	26,45	26,35	26,65	26,20	25,55	26,25	26,80	26,55	25,60

3.4. Порядок расчетов

3.4.1. Исключение грубых ошибок из результатов измерений. Для этого используют модуль ОР «Обработка выбросов» (правило «Ящик с усами») пакета анализа AtteStat среды Excel 2007. Примеры экрана дисплея приведены на рис. 2. В колонку **A** предварительно заносят результаты измерений из табл. 4.

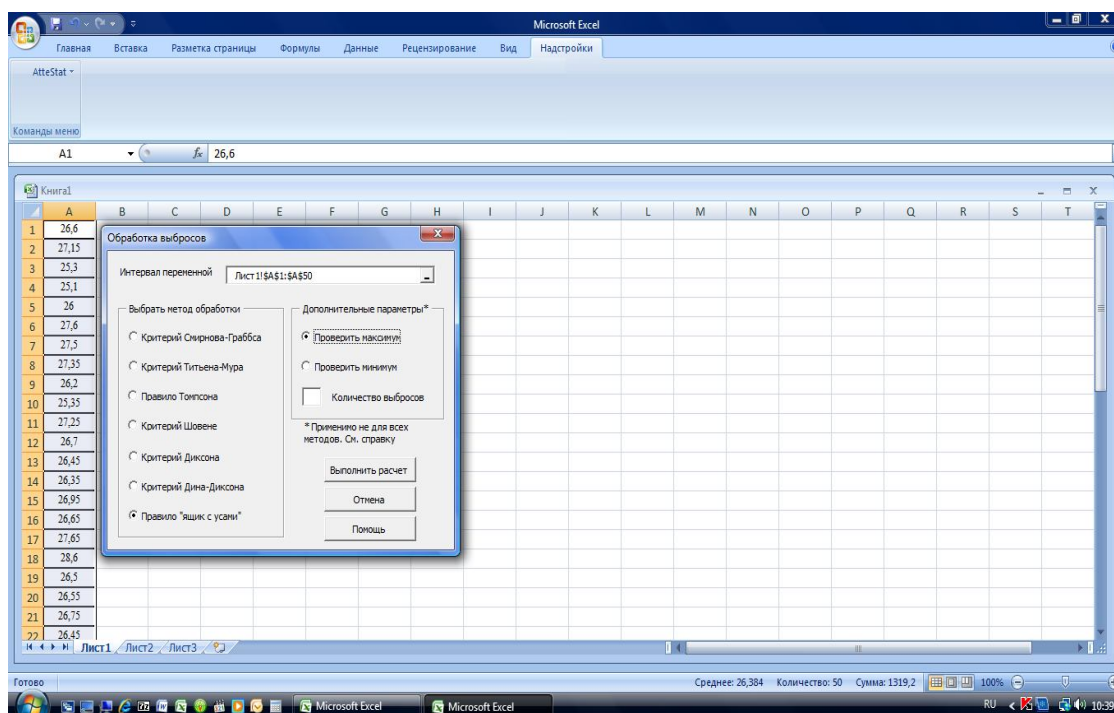


Рис. 2. Пример экрана дисплея «Обработка выбросов»

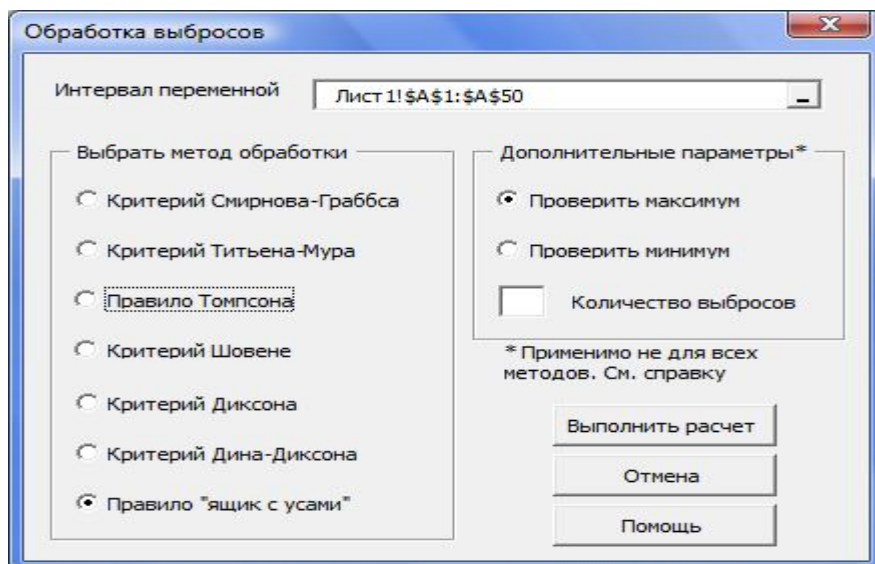


Рис. 3. Всплывающее окно на экране дисплея «Обработка выбросов»

Пример всплывающего окна на экране дисплея «Обработка выбросов» приведен на рис. 3.

Максимум и минимум выборки проверяют поочередно на принадлежность к грубой ошибке. Если при каждой из проверок один из результатов измерений окрашивается в красный цвет, то это грубая ошибка и его исключают из выборки. В рассматриваемом примере грубых ошибок не обнаружено.

3.4.2. Расчет среднего арифметического (среднего значения) \bar{x} и среднего квадратического отклонения (стандартного отклонения) S выборки. Для этого после исключения грубых ошибок используют модуль DS «Описательная статистика» (среднее значение, стандартное отклонение) пакета анализа AtteStat среды Excel 2007. Для выполнения расчетов следует поставить галочки напротив строк «Среднее значение», «Стандартное отклонение» и «Гистограмма».

Пример всплывающего окна на экране дисплея «Описательная статистика» приведен на рис. 4.

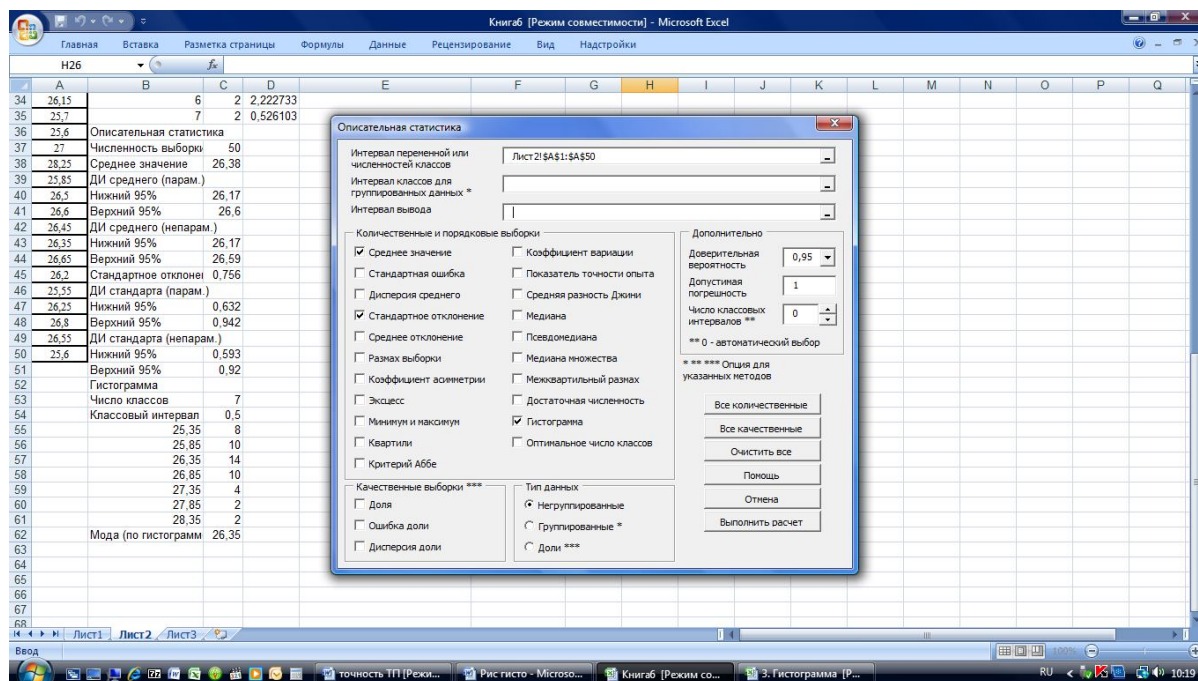


Рис. 4. Всплывающее окно на экране дисплея «Описательная статистика»

Результаты расчетов:

Описательная статистика

Численность выборки	50
Гистограмма	
Число классов	7
Классовый интервал	0,5
	25,35 8
	25,85 10
	26,35 14
	26,85 10
	27,35 4
	27,85 2
	28,35 2
Мода (по гистограмме)	26,35

Описательная статистика

Численность выборки	50
Среднее значение	26,384
ДИ среднего (парам.)	
Нижний 95%	26,16906311
Верхний 95%	26,59893689
ДИ среднего (непарам.)	
Нижний 95%	26,17436933
Верхний 95%	26,59363067
Стандартное отклонение	0,756296022
ДИ стандарта (парам.)	
Нижний 95%	0,631759787
Верхний 95%	0,942445703
ДИ стандарта (непарам.)	
Нижний 95%	0,593055776
Верхний 95%	0,919536269

3.4.3. Проверка гипотезы о нормальном распределении результатов измерений толщины доски. Для этого используют модуль NDC «Проверка нормальности» (критерий типа Колмогорова) пакета анализа AtteStat среды Excel 2007. Пример всплывающего окна на экране дисплея «Проверка нормальности распределения» приведен на рис. 5.

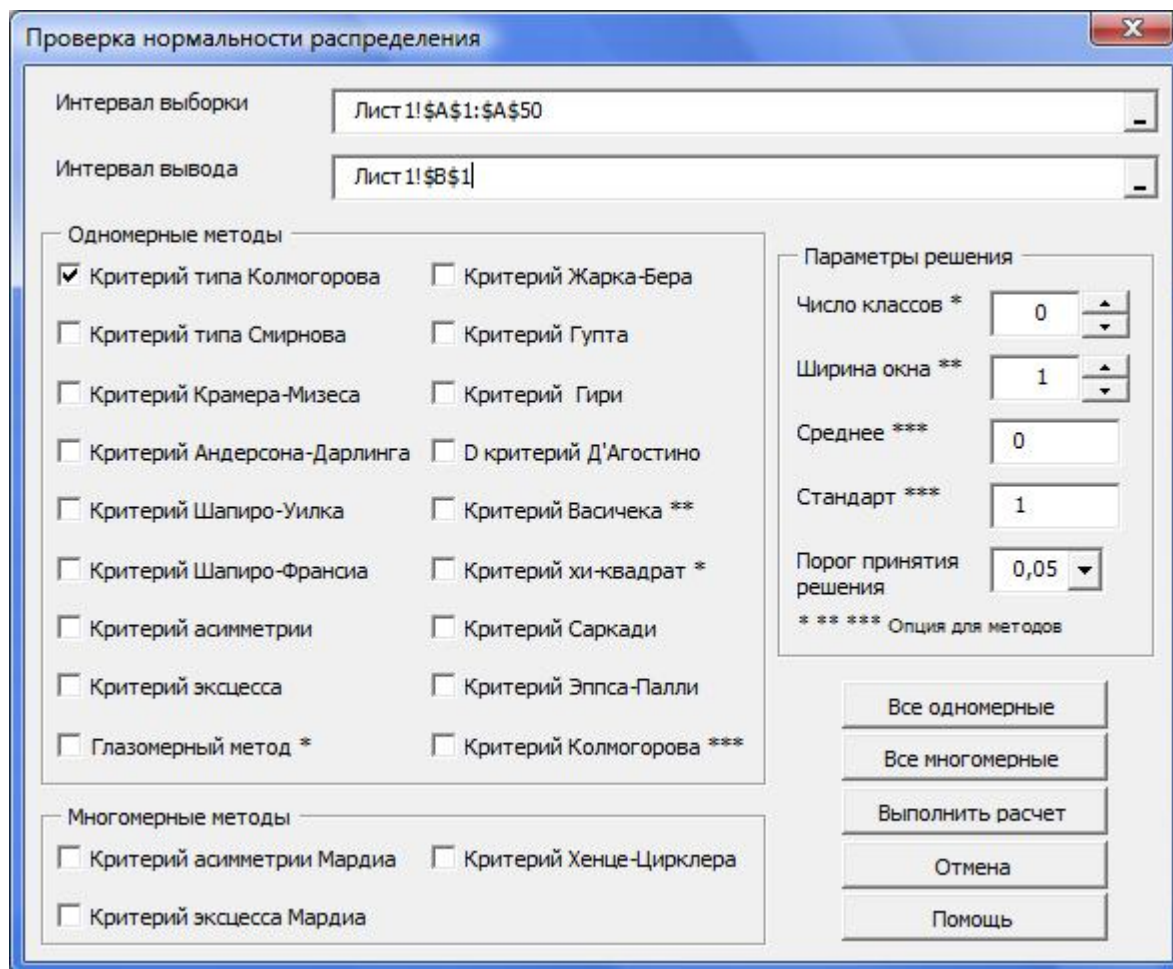


Рис. 5. Всплывающее окно на экране дисплея «Проверка нормальности распределения»

Результаты расчетов:

Проверка нормальности распределения

Выдача обычно включает:

Статистика, Р-значение двустороннее, вывод

Выбранное пороговое значение 0,05

Численность выборки 50

Модифицированный критерий Колмогорова

0,10252633 0,408548983

Гипотеза о нормальности не отклоняется

В данном примере гипотеза о нормальности не отклоняется. Если гипотеза о нормальности была бы отклонена, то приведенные ниже расчеты следовало бы считать ориентировочными.

3.4.4. Расчет показателя рассеивания K_p и уровня настройки K_n .

Рассчитаем K_p :

$$K_p = 6 \frac{S}{\delta_{II}} = \frac{6 \cdot 0,756}{2} = 2,268.$$

Так как $K_p = 2,268 > 1$, то имеет место брак за счет рассеивания показателей качества (случайной ошибки).

Рассчитаем K_n :

$$K_n = \left| \frac{T_c - \bar{x}}{\delta_{II}} \right| = \left| \frac{25,8 - 26,38}{2} \right| = 0,29.$$

Так как $K_n = 0,29 > 0$, то имеет место брак за счет смещения наладки (систематической ошибки).

3.4.5. Рассчитаем вероятную долю дефектной продукции с использованием Приложения 2:

$$\begin{aligned} P_1 &= \left[\Phi \left(\frac{T_b - \bar{x}}{S} \right) - \Phi \left(\frac{T_n - \bar{x}}{S} \right) \right] \cdot 100 \% = \\ &= \left[\Phi \left(\frac{26,8 - 26,38}{0,756} \right) - \Phi \left(\frac{24,8 - 26,38}{0,756} \right) \right] \cdot 100 \% = \\ &= [\Phi(0,56) + \Phi(2,09)] \cdot 100 \% = (0,2877 + 0,0183) \cdot 100 \% = \\ &= 28,77 \% + 1,83 \% = 30,60 \%. \end{aligned}$$

3.4.5.1. Рассчитаем снижение доли дефектной продукции за счет устранения смещения наладки – первое, что нужно сделать при обнаружении брака (процесс центрирован, $M_e = 0$, если $T_c = \bar{x}$).

$$\begin{aligned} P_1 &= \left[\Phi \left(\frac{T_b - T_c}{S} \right) - \Phi \left(\frac{T_n - T_c}{S} \right) \right] \cdot 100 \% = \\ &= \left[\Phi \left(\frac{26,8 - 25,8}{0,756} \right) - \Phi \left(\frac{24,8 - 25,8}{0,756} \right) \right] \cdot 100 \% = [\Phi(1,32) + \Phi(1,32)] \cdot 100 \% = \\ &= (0,0934 + 0,0934) \cdot 100 \% = 9,34 \% + 9,34 \% = 18,68 \%. \end{aligned}$$

3.4.5.2. Рассчитаем доли случайной и систематической ошибок, составив пропорцию:

$$30,60 - 100 \%,$$

$$18,68 - x - \text{доля случайной ошибки,}$$

$$x = \frac{23,02 \cdot 100}{28,52} = 61,05 \%,$$

$$100 \% - 61,05 \% = 38,95 \% - \text{доля систематической ошибки.}$$

Из расчетов видим, что в исследуемом процессе преобладает случайная ошибка (рассеивание показателя качества).

3.4.5.3. Рассчитаем нормативные значения величин $[\sigma_1]$ и $[\mu_1]$.

По формуле $[p_1] = \left[\Phi \left(\frac{T_b - T_c}{[\sigma_1]} \right) - \Phi \left(\frac{T_n - T_c}{[\sigma_1]} \right) \right] \cdot 100\%$ определим величину $[\sigma_1]$, соответствующую $[p_1] = 5\%$.

$$[p_1] = \left[\Phi \left(\frac{T_b - T_c}{[\sigma_1]} \right) - \Phi \left(\frac{T_n - T_c}{[\sigma_1]} \right) \right] \cdot 100\% = \left[\Phi \left(\frac{26,8 - 25,8}{[\sigma_1]} \right) \right] \cdot 100\% = 1,96,$$

$$\frac{1}{[\sigma_1]} = 1,96, \quad [\sigma_1] = 0,510 \text{ мм.}$$

Зная величину $[\sigma_1]$, можно найти по формуле (7) предельное значение показателя рассеивания $[K_p]$ при условии, что $S = [\sigma_1]$:

$$[K_p] = 6 [\sigma_1] / \delta_n = 6 \cdot 0,510 / 2 = 1,53.$$

По формуле $[p_1] = \left[\Phi \left(\frac{T_b - [\mu_1]}{\sigma_0} \right) - \Phi \left(\frac{T_n - [\mu_1]}{\sigma_0} \right) \right] \cdot 100\%$ определим величину $[\mu_1]$.

Принимаем $[p_1] = 0\%$, тогда $\sigma_0 = \delta_n / 6 = 2 / 6 = 0,333 \text{ мм.}$

$$[p_1] = \left[\Phi \left(\frac{T_b - [\mu_1]}{\sigma_0} \right) - \Phi \left(\frac{T_n - [\mu_1]}{\sigma_0} \right) \right] \cdot 100\% = \left[\Phi \left(\frac{26,8 - [\mu_1]}{0,333} \right) \right] \cdot 100\% = 1,645,$$

$$\frac{26,8 - [\mu_1]}{0,333} = 1,645, \quad [\mu_1] = 26,25 \text{ мм.}$$

Зная величину $[\mu_1]$, можно найти по формуле (8) предельное значение показателя уровня настройки $[K_n]$ при условии, что $\bar{x} = [\mu_1]$:

$$[K_n] = \left(\frac{T_c - [\mu_1]}{\delta_n} \right) = |(25,8 - 26,25) / 2| = 0,225.$$

3.4.6. Графическая иллюстрация расчетов, которая заключается в построении гистограммы и нанесении на нее необходимых данных.

Для построения гистограммы используют модуль SQC «Проверка нормальности» (глазомерный метод) пакета анализа AtteStat среды Excel 2007 (рис. 6).

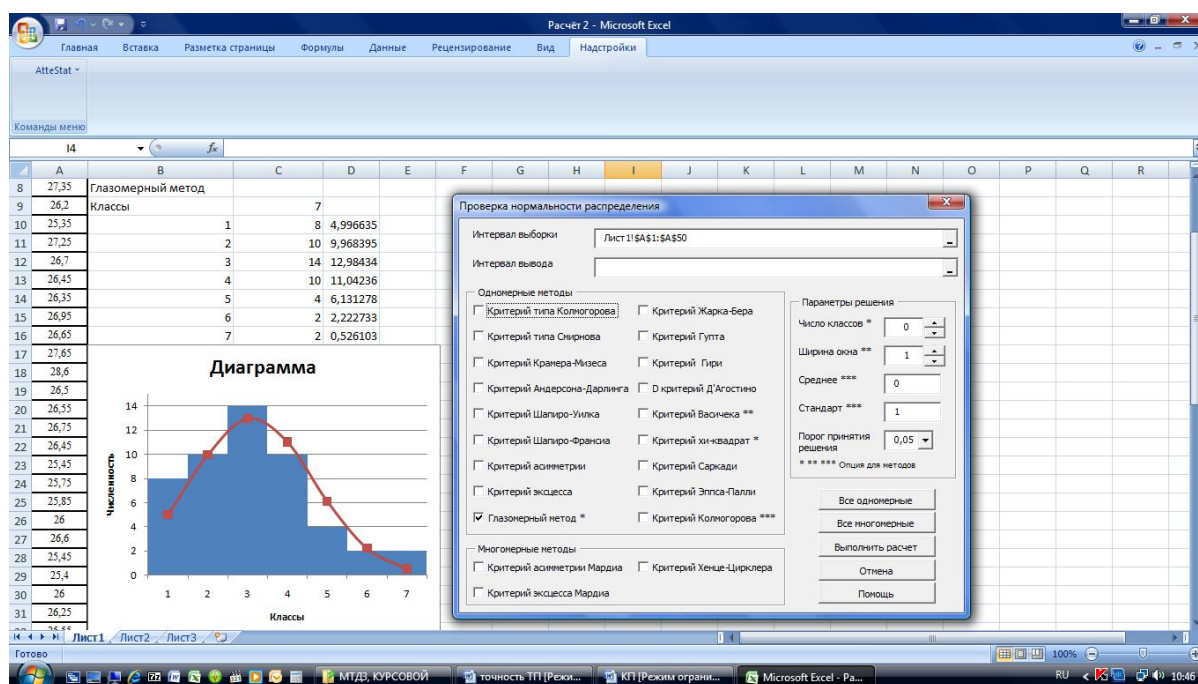


Рис. 6. Всплывающее окно на экране дисплея «Проверка нормальности распределения» (глазомерный метод)

Результаты расчетов:

Проверка нормальности распределения

Выдача обычно включает:

Статистика, Р-значение двустороннее, вывод

Выбранное пороговое значение 0,05

Численность выборки 50

Глазомерный метод

Классы

1	8	4,996635	25,35
2	10	9,968395	25,85
3	14	12,98434	26,35
4	10	11,04236	26,85
5	4	6,131278	27,35
6	2	2,222733	27,85
7	2	0,526103	28,35

Столбик справа, выделенный жирно (середина каждого из семи интервалов для построения гистограммы), взят из раздела 3.4.2.

Полученную в результате расчетов гистограмму редактируют, копируют, переносят на альбомный лист пакета Word и дорабатывают (Приложение 4), указав на рисунке середины интервалов, середину T_c , нижнюю T_n и верхнюю T_v границы поля допуска, среднее арифметическое значение \bar{x} , верхнюю $\bar{x} + 3S$ и нижнюю $\bar{x} - 3S$ границы поля рассеивания, смеще-

ние наладки M_e , характеризующее величину систематической ошибки, поле рассеивания $6S$, характеризующее величину случайной ошибки, поле допуска δ_n , долю дефектной продукции, выходящую за верхнюю $p_{1в}$ и нижнюю $p_{1н}$ границы поля допуска.

3.4.7. Корректирующие и предупреждающие действия

С целью отладки технологического процесса лесопиления для снижения доли дефектной продукции до уровня не более $[p_1] = 5 \%$ предусмотрено следующее:

- 1) заменить пилы, которые готовились методом плющения и формовки, на пилы с наплавленными пластинками из победита, который обеспечивает отклонение зубьев на сторону, соответствующее требованиям НТД;
- 2) провести профилактический ремонт и наладку станка для заточки зубьев пил;
- 3) внедрить высокоточный станок для производства разлучек;
- 4) внедрить калибровку разлучек;
- 5) обеспечить лесораму мерительными инструментами для ее наладки;
- 6) соблюдать технологическую дисциплину лесопиления;
- 7) разработать положение о премировании за бездефектный труд.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какое определение дает ГОСТ 15985-77 понятию «точность технологического процесса»?
2. В каких случаях и с какой целью выполняют исследование точности ТП?
3. Какие требования предъявляются к ТП при исследовании его точности?
4. Что предшествует исследованию точности ТП?
5. Какими показателями характеризуется точность ТП?
6. Каков порядок выполнения исследования точности ТП?

5. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 15895-77. Статистические методы управления качеством. Термины и определения. М.: Издательство стандартов, 1977. 34 с.
2. Р 50-601-20. Рекомендации по оценке точности и стабильности технологического процесса (оборудования). М.: ВНИИС, 1992. 53 с.
3. ГОСТ 18321-73. Качество продукции. Статистические методы управления. Правила отбора единиц продукции в выборку. М.: Издательство стандартов, 1973. 7 с.
4. ГОСТ 11.002-73. Правила оценки аномальности результатов наблюдений. М.: Издательство стандартов, 1973. 12 с.
5. ГОСТ 11.006-73. Правила проверки согласия опытного распределения с теоретическим. М.: Издательство стандартов, 1973. 17 с.
6. ГОСТ 6564-84. Пиломатериалы и заготовки. Правила приемки, методы контроля, маркировка и транспортирование. М.: Издательство стандартов, 1984. 9 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Дефекты пиломатериалов и причины их возникновения

№	Дефекты пиломатериалов	Факторы ТП лесопиления
1	Отклонение размеров пиломатериалов от номинальных	Некачественная подготовка пил (развод, заточка, формировка и т. д.); некачественная подготовка межпильных прокладок; установка разнотолщинных прокладок в одном месте постава; установка постава с перекосом по отношению к оси движения пильной рамки; несвоевременная подтяжка пил в поставе; превышение нормативной посылки
2	Непараллельность пластей пропила, кривизна, крыловатость	Непараллельность рельсов плоскости пил; неодинаковый уровень рельсов по длине пути; негоризонтальность и непараллельность подающих вальцов; сильный износ середины вальцов; раннее освобождение бревна из захвата; установка направляющих ножей непараллельно пилам; неправильная установка пил
3	Волнистость	Слабый натяг пил; слабый поджим пильной рамки в направляющих; неправильный профиль зубьев или недостаточный их развод; затупление зубьев пил; превышение нормативной поставки
4	Шероховатость поверхностей пиломатериалов	Превышение нормативной посылки; большая высота пропила; некачественная подготовка пил
5	Бахрома	Затупление зубьев пил; неправильный профиль зубьев; превышение нормативной посылки; распиловка бревен с высокой влажностью древесины, с наклоном волокон, с кривизной ствола
6	Мшистость	Затупление зубьев пил; неправильный профиль зубьев; неправильный уклон пил

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Значение функции нормального распределения

t	0,00	0,01,	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000	0,4920	0,4880	0,4840	0,4801	0,4761	0,4721	0,4621	0,4681	0,4641
0,1	0,4602	0,4502	0,4522	0,4483	0,4443	0,4404	0,4364	0,4326	0,4286	0,4247
0,2	0,4207	0,4168	0,4129	0,4090	0,4052	0,4013	0,3974	0,3436	0,3897	0,3859
0,3	0,3821	0,3783	0,3745	0,3707	0,3669	0,3662	0,3594	0,3557	0,3520	0,3483
0,4	0,3446	0,3409	0,3372	0,3336	0,3300	0,3264	0,3228	0,3192	0,3156	0,3121
0,5	0,3085	0,3050	0,3015	0,2981	0,2946	0,2912	0,2877	0,2843	0,2810	0,2776
0,6	0,2743	0,2709	0,2676	0,2643	0,2611	0,2578	0,2546	0,2514	0,2483	0,2451
0,7	0,2420	0,2389	0,2358	0,2327	0,2296	0,2266	0,2236	0,2206	0,2177	0,2148
0,8	0,2119	0,2090	0,2061	0,2033	0,2005	0,1977	0,1949	0,1922	0,1894	0,1867
0,9	0,1841	0,1814	0,1788	0,1762	0,1736	0,1711	0,1685	0,1660	0,1635	0,1611
1,0	0,1587	0,1562	0,1539	0,1515	0,1492	0,1469	0,1446	0,1423	0,1401	0,1379
1,1	0,1357	0,1335	0,1314	0,1292	0,1271	0,1251	0,1230	0,1210	0,1190	0,1170
1,2	0,1151	0,1131	0,1112	0,1093	0,1075	0,1056	0,1038	0,1020	0,1003	0,0985
1,3	0,0968	0,0951	0,0934	0,0918	0,0901	0,0885	0,0869	0,0853	0,0838	0,0823
1,4	0,0808	0,0793	0,0778	0,0764	0,0749	0,0735	0,0721	0,0708	0,0694	0,0681
1,5	0,0668	0,0665	0,0643	0,0630	0,0618	0,0606	0,0594	0,0582	0,0571	0,0559
1,6	0,0548	0,0537	0,0526	0,0516	0,0505	0,0495	0,0485	0,0475	0,0465	0,0455

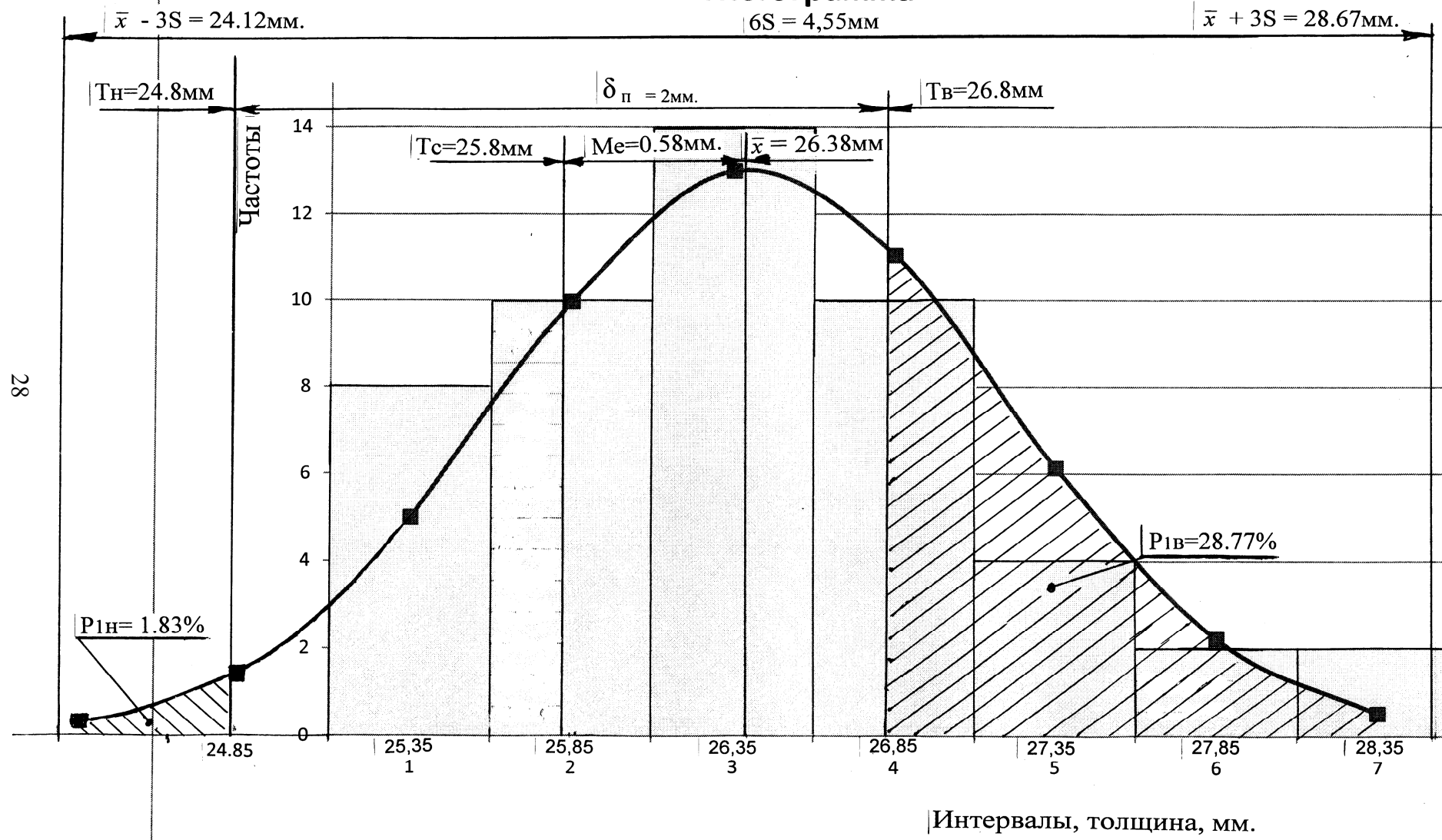
1,7	0,0446	0,0436	0,0427	0,0418	0,0409	0,0401	0,0392	0,0384	0,0375	0,0367
1,8	0,0359	0,0351	0,0344	0,0336	0,0329	0,0322	0,0314	0,0307	0,0301	0,0294
1,9	0,0287	0,0281	0,0274	0,0268	0,0262	0,0256	0,0250	0,0244	0,0239	0,0233
2,0	0,0228	0,0222	0,0217	0,0212	0,0207	0,0202	0,0197	0,0192	0,0188	0,0183
2,1	0,0179	0,0174	0,0170	0,0166	0,0162	0,0158	0,0154	0,0150	0,0146	0,0143
2,2	0,0139	0,0136	0,0132	0,0129	0,0125	0,0122	0,0119	0,0116	0,0113	0,0110
2,3	0,0107	0,0104	0,102	0,0090	0,0096	0,0094	0,0091	0,0089	0,0087	0,0084
2,4	0,0082	0,0080	0,0078	0,0075	0,0073	0,0071	0,0069	0,0068	0,0066	0,0064
2,5	0,0062	0,0060	0,0059	0,0057	0,0055	0,0054	0,0052	0,0051	0,0049	0,0048
2,6	0,0047	0,0045	0,0044	0,0043	0,0041	0,0040	0,0039	0,0038	0,0037	0,0036
2,7	0,0035	0,0034	0,0033	0,0032	0,0031	0,0030	0,0029	0,0028	0,0027	0,0026
2,8	0,0026	0,0025	0,0024	0,0023	0,0023	0,0022	0,0022	0,0021	0,0020	0,0019
2,9	0,0019	0,0018	0,0018	0,0017	0,0016	0,0016	0,0015	0,0015	0,0014	0,0014
3,0	0,0013	0,0013	0,0013	0,0012	0,0012	0,0011	0,0011	0,0011	0,0010	0,0010

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Значение χ^2 -критерия Пирсона

Число степеней свободы n - 1	Уровень значимости α			
	0,10	0,05	0,02	0,01
1	2,7	3,8	5,4	6,6
2	4,6	6,0	7,8	9,2
3	6,3	7,8	9,8	11,3
4	7,8	9,5	11,7	13,3
5	9,2	11,1	13,4	15,1
6	10,6	12,6	15,0	16,8
7	12,0	14,1	16,6	18,5
8	13,4	15,5	18,2	20,1
9	14,7	16,9	19,7	21,7
10	16,0	18,3	21,2	23,2
11	17,3	19,7	22,6	24,7
12	18,5	21,0	24,1	26,2
13	19,8	22,4	25,5	27,7
14	21,1	23,7	26,9	29,1
15	22,3	25,0	28,3	30,6
16	23,5	26,3	29,6	32,0
17	24,8	27,6	31,0	33,4
18	26,0	28,9	32,3	34,8
19	27,2	30,1	33,7	36,2
20	28,4	31,4	35,0	37,6
21	29,6	32,7	36,3	38,9
22	30,8	33,9	37,7	40,3
23	32,0	35,2	39,0	41,6
24	33,2	36,4	40,3	43,3
25	34,4	37,7	41,6	44,3
26	35,6	38,9	42,9	45,6
27	36,7	40,1	44,1	47,0
28	37,9	41,3	45,4	48,3
29	39,1	42,6	46,7	49,6
30	40,3	43,8	46,9	50,9

Гистограмма





Н.Л. Васильев

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Екатеринбург
2011